

# Rancang Bangun Alat Eliminasi Gas Buang Menggunakan Mekanisme Ejektor

Makmur Saini<sup>1,a</sup>, Rusdi Nur<sup>1,b</sup>, Sattar<sup>2,c</sup> dan Ibrahim<sup>3,d</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar, 90245, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Teknologi Sulawesi, Jl. Antang, Makassar, 90234, Indonesia

<sup>3</sup> Politeknik ATIM, Jl. Sunu, Makassar, 90152, Indonesia

<sup>a</sup> makmur.saini@poliupg.ac.id

<sup>b</sup> rusdinur@poliupg.ac.id

<sup>c</sup> sattaryunus@gmail.com

<sup>d</sup> ibrahim@atim.ac.id

**Abstract**—Environmental pollution (pollutants) can be caused by natural events or human care through uncontrolled industrial and technological activities, this can be a threat to living things including humans in the future. This phenomenon is caused by the entry of particles or chemical substances that do not exist in the natural component so that it exceeds the amount that should be. Pollution is the inclusion of substances, energy and aliens into the environment so that the quality of the environment decreases and no longer suitable allocation. Efforts to reduce or control environmental pollution that some environmental scientists and practitioners have done in a better way by the structures produced by various industries and technologies that are seen as backbones. The research installation can provide detailed information about the shape and structure of the current in the pipe (analogized as the exhaust) in the direction and the vertical velocity to air will be inhaled by the fluid of the liquid (air) as motive fluid in the opposite direction. The suction strength of the liquid against the airflow is greatly determined by the vacuum pressure in the chamber because of the effect of the working ejector that is geometrically formed so that the image can be adjusted to that achievement. The parameters used to measure performance in the design of this air-contaminating air-conditioning installation plant are composed of several variables in the ratio of changes between air velocity and liquid flow in opposite directions, vacuum compressions are formed large enough, the fluid flow capacity of the ejector, revascular and the ability to transform gas pollutants into liquid pollutants.

**Keywords**—Industrial Waste, gas pollutants, liquid pollutants and Ejector mechanisms

**Abstrak**—Pencemaran lingkungan (polutan) dapat diakibatkan oleh peristiwa alam atau perlakuan manusia lewat aktivitas Industri dan teknologi yang tidak terkendali, hal ini dapat merupakan ancaman bagi makhluk hidup termasuk manusia pada masa yang akan datang. Fenomena ini disebabkan karena masuknya partikel atau senyawa kimia lain yang seharusnya tidak terdapat dalam komponen alamiah sehingga melebihi jumlah yang seharusnya. Pencemaran merupakan peristiwa masuknya zat, energi dan makhluk asing ke dalam

lingkungan sehingga kualitas lingkungan menurun dan tidak sesuai lagi peruntukannya. Upaya untuk menurunkan atau mengendalikan pencemaran lingkungan telah dilakukan oleh beberapa para ahli ilmu pengetahuan dan praktisi lingkungan hidup dengan mempelajari sifat dan struktur limbah serta sistem penanggulangannya yang dihasilkan oleh berbagai Industri dan teknologi yang dipandang sebagai tulang punggung perekonomian suatu bangsa. Penelitian Instalasi dapat memberikan suatu informasi secara detail tentang bentuk dan struktur aliran udara dalam pipa (dianalogkan sebagai gas buang) pada arah dan kecepatan vertikal ke udara akan terhisap oleh fluida zat cair (air) sebagai motive fluid pada arah yang berlawanan. Kekuatan isap zat cair terhadap aliran udara tersebut sangat ditentukan oleh tekanan vakum dalam ruang sebagai efek dari mekanisme kerja ejektor yang secara geometri dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengoptimalkan prestasi alat tersebut. Parameter yang digunakan untuk mengukur prestasi pada rancang bangun Instalasi mesin penanggulangan pencemaran udara ini, didasarkan dari beberapa variabel diantaranya perbandingan perubahan kecepatan antara aliran udara dengan aliran zat cair dalam arah yang berlawanan, terbentuk tekan vakum yang cukup besar, kapasitas aliran zat cair pada ejektor, bilangan reynold dan kemampuan menstransformasi polutan gas menjadi polutan zat cair.

**Kata kunci**—Limbah Industri, polutan gas, polutan zat cair dan mekanisme Ejektor

## I. Pendahuluan

Dampak aktivitas Industri dan teknologi yang tidak terkendali terhadap lingkungan dapat mengakibatkan ekosistem sehat akan berpengaruh terhadap kesejahteraan manusia, ketersediaan sumber daya alam dan kelangsungan ekonomi berkelanjutan. Limbah Industri yang berbahaya mengakibatkan pencemaran yang merusak kesehatan manusia, beberapa spesies yang punah dan kontribusi terhadap pemanasan global dan

penipisan lapisan ozon. Pencemaran udara diartikan sebagai masuknya komposisi gas kedalam udara sehingga tidak lagi sesuai dengan komposisi alamiahnya. Fenomena ini diakibatkan oleh masuknya partikel partikel atau komposisi kimia yang secara alamiah seharusnya tidak terdapat pada susunan kimia atmosfer sehingga melebihi jumlah yang seharusnya [1]. Secara umum penyebab pencemaran udara ada dua macam antara lain:

- Faktor internal (secara alamiah) seperti debu yang beterbangan akibat tiupan angin, debu yang dikeluarkan oleh letusan gunung merapi dan proses pembusukan sampah organik.
- Faktor eksternal (akibat aktivitas manusia) seperti pembakaran bahan bakar fosil, debu/serbuk dari hasil kegiatan Industri dan pemakaian bahan-bahan kimia yang disemprotkan ke udara [2].

Penelitian rancang bangun dimaksudkan untuk menangguhkan pencemaran udara limbah Industri khususnya untuk pembuangan hasil pembakaran bahan bakar fosil melalui cerobong asap terbuang ke udara bebas.

Dengan mekanisme perbedaan tekanan antara dua aliran fluida pada arah yang berlawanan (*counter current*) dalam ruang yang berbeda akan mengubah karakteristik arah dan kecepatannya secara signifikan. Dengan konstruksi yang dirancang sedemikian diharapkan laju aliran fluida kompressibel (uap, debu dan partikel partikel lainnya) akan membalik arah sedemikian rupa sebagai akibat mekanisme gaya momentum fluida inkompresibel (air) yang lebih besar. Untuk memperoleh mekanisme gaya momentum aliran fluida inkompresibel (air) yang cukup tinggi, maka dibentuk suatu geometrik konstruksi jetzer secara variatif guna untuk memperoleh hasil yang optimum.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu bagaimana menemukan rancang bangun suatu sistem konstruksi instalasi penanggulangan pencemaran udara sebagai efek dari pada limbah Industri secara efektif dan efisien. Terdapat keuntungan secara ekonomi yang dapat dihasilkan bila rancangan penelitian ini diharapkan dalam suatu Industri.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model sistem penanggulangan pencemaran udara sebagai efek dari limbah Industri secara berkesinambungan, efektif dan efisien.

Ejektor adalah suatu peralatan yang digunakan untuk menggerakkan fluida dengan jalan memanfaatkan aliran fluida lain [3]. Fluida yang digunakan untuk mendorong fluida lain disebut motive fluid, sedangkan fluida yang terdorong disebut fluida isap. Ejektor berfungsi untuk menyedot system aliran bertekanan rendah dengan menggunakan aliran motive fluid yang bertekanan tinggi. Motive fluid yang bertekanan tinggi ini, akan akan membuat kondisi vakum sehingga aliran fluida tekanan rendah tadi akan lebih banyak tersedot.

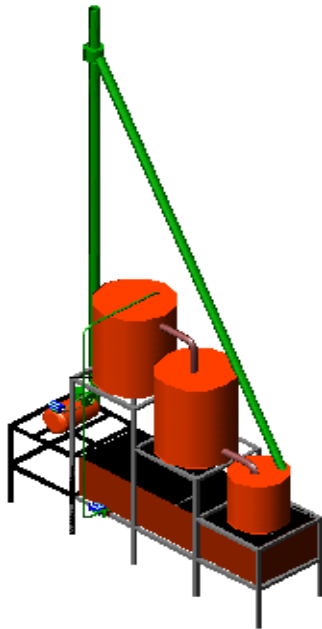
Komponen utama Ejektor terdiri dari nozel dimana arus aliran mengecil dan Difusser yang membesar secara perlahan lahan ditempatkan didekat mulut nozel. Karena kecepatan arus yang meninggal mulut nozel bertambah besar maka tekanan dalam arus akan menurun. Akibat peristiwa tersebut maka tekanan dalam ruang akan menurun dibawah tekanan atmosfer yang disebut dengan partial vakum. Besarnya kevakuman yang dihasilkan oleh motive fluid pada aliran fluida ini sangat dipengaruhi oleh bilangan Reynold [4].

## II. Metodologi Penelitian

Instalasi mesin penanggulangan pencemaran udara atmosfer yang akan dirancang bangun pada penelitian ini berfungsi untuk menghasilkan suatu mekanisme transformasi polutan gas menjadi polutan zat cair, berdasarkan prinsip kerja fluida cair terhadap limbah gas buang suatu Industri. Metode penelitian yang akan dipakai rancang bangun, pengujian hasil rancang bangun dan mengimplementasikan hasil rancang bangun.

### A. Rancangan Alat Eliminasi Gas Buang

Alat eliminasi gas buang yang akan dibuat sesuai dengan rancangan yang telah didasarkan hasil kajian beberapa referensi [5-18] dan berdasarkan pengetahuan yang dimiliki oleh para peneliti yang tergabung dalam penelitian ini. Adapun konsep rancang bangun alat eliminasi gas buang yang direncanakan dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 1. Rancangan alat eliminasi

### B. Perangkat Sistem Peralatan

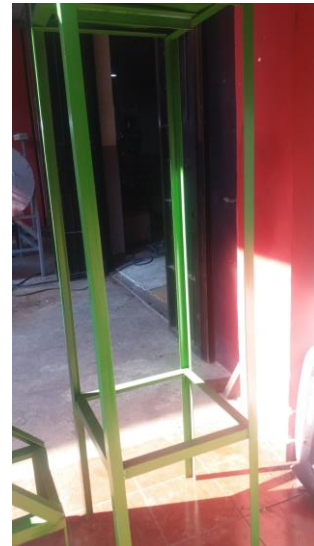
Secara struktural perangkat system peralatan ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. **Kompresor.** Kompresor yang digunakan adalah kompresor torak yang berfungsi untuk memindahkan udara bertekanan dalam pipa pralon dengan dimensi berikut :diameter 6,35 mm dan panjang 4 000 mm, dan pada ujung pipa dilengkapi sambungan yang diameter 12,70 mm dan panjang 40mm yang selanjutnya dipasang pipa yang sama, dengan diameter 6,35 mm dan panjang sekitar 60 mm. Konstruksi sambungan pipa sedemikian ini diharapkan membentuk aliran udara dengan kecepatan yang menurun sebagai akibat pembesaran diameternya. Kompresor dilengkapi dengan motor listrik sebagai penggerak piston secara bolak balik untuk menghasilkan udara bertekanan dalam tabung, serta tabung udara di taburi serbuk berwarna guna untuk mengamati fenomena aliran secara visual.
2. **Pompa.** Pompa dimaksudkan untuk mensirkulasikan fluida kerja (air) dari kolam air (ke reservoir) yang selanjutnya dialirkan ke silinder energi dan kemudian mengalir secara gravitasi melalui tabung ejektor. Pompa sentrifugal ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pompa air

3. **Tiang penyangga (Dudukan Silinder);** Dudukan dari beberapa silinder penampung air (reservoir) terbuat dari besi siku ukuran (40x4x6) cm sebanyak 4 batang. Konstruksi dudukan dibuat sedemikian rupa guna untuk menopang beberapa drum (silinder) yang terbuat dari plat besi yang berisi air yang berfungsi sebagai fluida kerja yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Tiang penyangga

4. **Bak air (reservoir).** Bak air dibuat dari plat dengan ketebalan 2,5 mm yang dibentuk empat persegi panjang dengan ukuran adalah (115 × 68 × 28) cm. Bak air dilengkapi dengan pompa yang berfungsi untuk memindahkan fluida kerja keatas drum penampung yang kemudian dialirkan ke ejektor secara kontiniu dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Reservoir

5. **Silinder (Sumber energi).** Drum terdiri dari dua buah dengan diameter dan tinggi masing-masing 43 cm dan 70 cm dengan tebal dinding 2,5 mm. Posisi drum ini berada sekitar 4 m diatas bak penampungan dan berfungsi sebagai penyimpan energi yang volumenya harus dipertahankan agar selalu dalam kondisi konstan. Fluida kerja dari drum (silinder)dialirkan secara gravitasi melalui ejektor secara kontinu seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Silinder

6. **Ejektor.** Ejektor terbuat plat besi srip dirol melalui mesin pelipat sehingga diperoleh suatu konstruksi berbentuk silinder tegak,dengan tinggi 130 cm dan diameter dalamnya 30 cm. Konstruksi padabagian dalam dibentuk suatu cerobong dengan kemiringan 15 derajat dengan diameter lehernya 5 cm. Konstruksi dari ejektor dibuat sedemikian rupa sehingga diperoleh suatu energi tekanan vacuum. Pada bagian leher dari alat ini dilengkapi dengan alat ukur manometer zat cair untuk memperoleh kecepatan aliran air yang merupakan fungsi dari

energi tekan yang dibutuhkan dalam penelitian ini seperti diperlihatkan pada gambar 6.



Gambar 6. Tabung ejektor

7. **Pipa Paralon.** Pipa paralon terdiri dari dua buah macam yaitu pipa uncut untuk penyaluran air sirkulasi dari bak penampungan yang dipompakan ke drum penyimpan energi secara kontiniu. Dan yang lainnya berfungsi untuk menyalurkan udara dari kompresor menuju keudara atmosfir. Dimensi pipa paralon ini masing masing adalah diameter 5 cm dan panjang 50 cm untuk penyalur udara dan 20 cm untuk air. Pada ujung pipa udara terdapat sambung dengan diameter 80 cm, dengan asumsi pada daerah tersebut akan terjadi penurunan kecepatan,dan pada bagian ini pula disambung dengan pipa vakum yang dihubungkan dengan ejektor.

Pada daerah sambungan pipa tadi dilengkapi alat ukur manometer untuk mengukur kecepatan udara yang akan terbuang keudara atmosfir dan disamping itu juga akan dilengkapi gelas penduga untuk mengamati secara visual fenomena kecepatan aliran udara seperti diperlihatkan pada gambar 7.





Gambar 7. Pipa paralon

### III. Hasil Rancang Bangun

Setelah semua elemen konstruksi yang telah didesain menurut ukuran masing masing maka dilakukanlah perakitan (assembling) dari semua elemen tersebut sehingga membentuk suatu unit konstruksi, berupa mesin eliminasi emisi gas buang pencemaran udara atmosfer seperti diperlihatkan gambar 7.



Gambar 7. Konstruksi alat eliminasi gas buang

Pada gambar di atas terlihat sedikit perubahan konstruksi jika di bandingkan dengan gambar yang di rencanakan, ini dikarenakan pada proses pengerjaan terdapat kendala-kendala yang di hadapi seperti silinder energi yang rencananya akan di letakkan dua buah yg saling berpisah dengan ejektor di atas tiang penyangga, kami ubah menjadi satu bagian dari ejektor silinder dengan pertimbangan apabila terdapat dua silinder maka beban pada tiang pengangga akan semakin besar,

Selain itu dapat di lihat bahwa silinder ejektor terlihat lebih besar dibandingkan dengan konstruksi yang di rencanakan ini dilakukan dengan harapan energi vakum yang di perlukan untuk menghisap gas buang lebih besar sehingga dapat bekerja secara optimal. Dengan penambahan ukuran Slinder Ejektor maka komponen lain juga di sesuaikan seperti daya pompa dan ukuran tiang penyangga, kami juga menambahkan akrilik berbahan bening pada ujung pipa paralon dengan tujuan gerakan gas buang yang tertarik masuk menuju ejector dapat di lihat secara jelas.

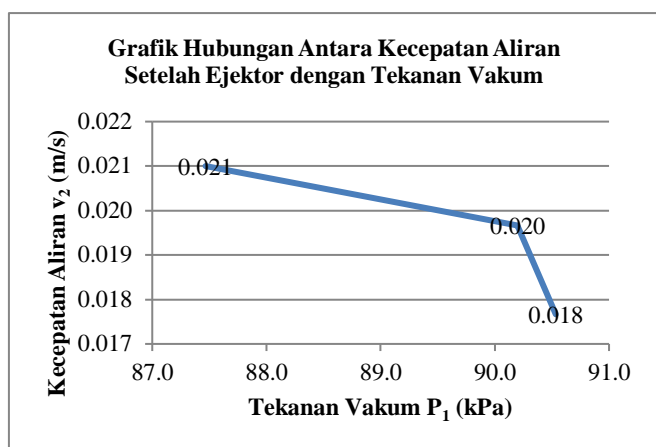
Penambahan alat ukur pada ejektor juga diperlukan untuk mengetahui besar tekanan vakum yang dihasilkan, apabila terjadi perubahan konstruksi, maka dapat di ketahui perbedaan tekanan yang dihasilkan sehingga dapat dicari rancangan yang optimal dalam segi tekanan yang dihasilkan. Secara keseluruhan alat ini telah rampung , namun kami tetap terus melakukan perbaikan demi terciptannya alat uji yg optimal dan mampu bekerja sesuai yang di inginkan.

Tabel 1. hasil penelitian dengan menggunakan Ejektor 3 dengan panjang

P Ejektor (bar)	Serbuk yang dima sukk an (gram)	Serbuk yang tidak terisap ke dalam ejektor (gram)	Serbuk yang terisap ke dalam ejektor (gram)	Diameter Ejektor		Tingg i awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)	Waktu (detik)
				A1 (cm)	A2 (cm)			
0.86	65.5	31.7	33.8	30	2	51	132	41.5
0.87	65.7	35.3	30.4			51	129	42
0.86	62.0	29.7	32.3			51	132	43

Tabel 2. hasil analisa data dengan menggunakan Ejektor 3 dengan panjang

No.	Q ( $m^3/s$ )	P <sub>1</sub> (kPa)	P <sub>2</sub> (kPa)	v <sub>1</sub> (m/s)	v <sub>2</sub> (m/s)
1	0.0015	87.1	82.6	0.021	3
2	0.0015	88.2	83.7	0.21	3
3	0.0015	87.1	82.6	0.021	3



Gambar 1. Grafik hubungan antara kecepatan aliran dengan tekanan vakum

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa pada nilai tekanan vakum tertinggi sebesar 87,5 kPa maka kecepatan alirannya akan semakin besar yaitu sebesar 0,021 m/s sedangkan untuk tekanan vakum terendah sebesar 90,5 kPa maka kecepatan aliran semakin kecil yaitu sebesar 0,018 m/s. Semakin besar kecepatan aliran maka tekanan vakum akan semakin meningkat.

#### iv. Kesimpulan

1. Hasil rancang bangun alat eliminasi gas buang telah dapat diselesaikan dengan baik dan telah dilakukan uji coba secara benar untuk mengetahui fungsi dan performansi dalam melakukan proses eliminasi gas buang terhadap kondisi udara yang diujicobakan.

2. Dari tiga variasi panjang throat yaitu 10 cm, 20 cm dan 30 cm yang diujikan maka dapat disimpulkan bahwa semakin panjang throat pada ejektor maka semakin besar pula tekanan vakum yang dihasilkan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dirjen Pendidikan Tinggi dan Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dan bantuan dana penelitian Strategi Nasional yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- [1] Afid, B (2001). Dampak Pencemaran Udara, Journal Dirgantara, 2( 1), 1 – 6.
- [2] Wardhana, W.A (2005). Dampak Pencemaran Lingkungan, Andi Offset.
- [3] Petrović, A.A., Petrović, A.L., Petrović, L.H (2016), Analysis Of The Ejectors For Hydraulic Transport of Different Materials And Mixtures, *Tehnika*, 71( 2), 242-248.
- [4] White, F.M (1994). Fluid Mechanics Thirt Edition Mc. Grawhill books Compony New Yorks.
- [5] Ali, M.S., Ahmed, S., Khan, M.M.S (2010). Characteristics And Treatment Process of Wastewater In Anylon Fabric Dyeing Plant, Journal Of Chemical Engineering, Vol. Che 23, 1995-2005
- [6] Colls, J (2002). Air Pollution. (2<sup>nd</sup>ed.). Spon Press. London And New York
- [7] Fardiaz, S (1992). Pencemaran Udara Dan Air. Karnisius , Jogyakarta
- [8] Gersberg, R.M., Elkins, B.V., Lyon , S.R., Goldman, C.R (2010). Role Of Aquatic Plants In wastewater Treatment By Artificial Wetlands, *Water Research*, 20, 363-368
- [9] Hugo, R..S., Jake, N.Y., Treavor, H. B., Mark, T.B (2015). Algae Scrubbers For Phosphorus Removal In impaired Waters, *Ecological Engineering*, 85, 144–158.
- [10] Ibrahim (2005). Perpindahan panas pada mesin penggorengan Vakum , Journal Teknology industry, Politeknik ATI Makassar
- [11] Kyungcheol, K., Kyungcheol, K., Taeun, K., Jungkoo, L., Jiwoong, A. Sungho, S., Hyungman, K (2015). Performance Evaluation of PAN Nanofiber Air Filter Fabricated by Electrospinning, *Transaction of the Korean Society of Mechanical Engineers B*, 39(11), 885-890
- [12] Lanzerstorf, C AND Feichtinger, K (2016). Cement Kiln Dust: Characterization Of Dust Collected In Various Fields Of Electrostatic precipitators, *Environmental Engineering* , 33(3), 200 -206
- [13] Ontko, J.S (2016). Similitude in cyclone separators, *Powder Technology*, 289, 159 –162

- [14] Paul;T.W ( 2013). Waste Treatment and Disposal .second edition , John Weley and Son 2013.
- [15] Putra (2009). The Air Pollution. <http://www.putracenter.wordpress.com>. Didownload Nopember 2009.
- [16] Rieke, K (2009). Pencemaran udara oleh industry dan penggulangannya,*Journal chimacal EngineeringIndustri*, 1, 1-5
- [17] Sara,E., Carla, T., Roland, C., Paola, L.,Richard, T., Chris, C (2015). Life cycle assessment ofconventional and two-stage advanced energy-from-waste technologies for municipal solid waste treatment,*Journal of Cleaner Production*, 100, 212–223
- [18] Yulio.A (2013).Penerapan Filterasi penanganan limbah udara industry pertambangan, *MajalahTeknologi Filtrasi*